第84卷 第5期 地 质 学 报 ACTA GEOLOGICA SINICA Vol. 84 No. 5
2010年5月 May 2010
http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

中南地区铀资源类型、特点及找矿方向

杨尚海
核工业二三〇研究所,长沙,410011

内容提要:本文从我国能源需求引入了核电发展对铀资源的需求;对过去四十年来的找矿成果、存在问题进行了初步分析;对中南地区五大类型铀矿的储量分布、矿床产出位置进行了统计分析;着重对中南地区最具特色的花岗岩型、碳硅泥岩型铀矿成矿特点及找矿前景进行了论述。从铀成矿地球物理、地球化学角度指出了岩体外接触带亚型铀矿应成为未来找矿工作的重点,并根据已掌握的实际资料指出了具体的找矿部位;对中南地区蕴藏量巨大的低品位薄层碳硅泥岩亚型铀矿,从伴生可利用元素种类多、含量高的特点出发,提出通过综合开发和综合利用的新途径,是实现该区潜在低品位铀资源得到充分合理利用的关键。

关键词:铀矿类型;成矿特点;找矿前景;找矿方向

随着现代工业化和城镇化的发展,能源供需矛盾与日俱增,核能作为清洁能源,以其经济效益最大,环境效益最好,运输投入最小而备受人们的普遍关注。和平利用核能发展核电已成为众多发展中国家的普遍共识。自从1991年第一台核电机组在浙江秦山建成投产之后的短短18年里,我国的核电建设犹如雨后春笋,在沿海地区拔地而起,相继有十余座核电机组建成投产,总装机容量870万千瓦。特别是近年来,我国的核电建设更是步入了高速发展的快车道,中央及地方有关省(市)都在积极策划建设核电站并完成了前期准备。再过10年即2020年,我国核电机组将达到45座以上,总装机容量将达到4000万千瓦,约占全国总发电量的4%左右。与世界平均水平(30%)相比仍有很大差距(吴铁民,2006,陈祖伊,2010),这与我国的国际地位、电力需求及能源结构很不相称。我国可开发的水电资源也十分有限,煤炭开采、电煤运输、环境保护等,限制了煤电的发展。2008年初一场突如其来的冰雪灾害,敲响了我国能源布局不合理的警钟。随着经济的发展和综合国力的增强,我国核电建设的步伐有可能进一步加快,新形势要求进一步加快铀矿勘探步伐,铀矿地质勘查任务更加艰巨。

核电的发展需要有足够的铀矿资源作支撑。据悉,一座装机容量为100万千瓦的核电机组,一年消耗核燃料(燃料棒)30t(吴铁民,2006),折合纯天然金属铀127 t。约需180 t铀矿资源储量作保障(按70%回收)。全国总装机容量为4000万千瓦的核电机组,每年需可采铀矿资源储量7200 t。地质部门提交的铀资源储量中,有相当一部分为呆矿,因此,要满足核电的正常运转,地质部门每年须提交1万吨以上的铀矿资源储量。这些以^{235}U为动力燃料的第一代核电机组一旦建成投产,至少要确保50年的正常运转。因为以^{238}U为动力燃料的第二代快中子增殖反应堆,目前在我国仍处于研制阶段(吴铁民,2006)。要实现快堆的大规模商用并网发电,至少要在30年之后,到那时铀矿资源的利用率将大大提高。然而,人类要摆脱对铀矿资源的依赖,建成以轻核(氘、氚)为燃料的第三代"核聚变反应堆"电站,预计要到本世纪中叶或下半叶。因此,铀矿地质工作者任重道远。

我国铀矿地质勘查工作始于20世纪50年代。数十年来,经过全国数万名铀矿地质工作者的艰苦努力,找到了数以千计的铀矿点、矿化点,探明数百处具有工业价值的铀矿床,提交铀矿工业储量若干万吨,取得了举世瞩目的找矿成果,满足了国防建设和核电发展对铀资源的需求,为核工业的发展做出

注:本文为中国核工业地质局全国铀矿地质志编撰委员会2002~2005年度项目资助的成果。
收稿日期:2009-03-23;改回日期:2009-11-20;责任编辑:郝梓国。
作者简介:杨尚海,男,1954年生。高级工程师。长期从事铀矿地质科研及生产工作,为《中南铀矿地质志》的主要编写人和主持人之一,2006年开始担任中国核工业地质局铀矿重点勘查项目监理。通讯地址:410011,湖南省长沙市320信箱,核工业二三〇研究所;Email:Yangshanghai@126.com。

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

了重大贡献。在铀矿勘查实践中,广大地质科技工作者紧密结合地质找矿,开展了大量地质科研工作,总结和提交了一批具有较高学术水平的科研成果,建立了花岗岩型、火山岩型、碳硅泥岩型和砂岩型等具有中国特色的铀成矿理论及找矿准则,有效地指导了铀矿找矿工作实践,为我国铀矿地质科学领域跻身世界先进行列做出了积极贡献,极大地丰富和发展了铀矿地质科学理论。

近年来,大部分核地勘单位属地化管理后,广大铀矿地质工作者不负国家重望,肩负起了新一轮的找矿工作重任。在我国西北、东北和华北诸多大型砂岩盆地中,开展了大面积的铀矿普查和科研工作,勘查成果捷报连连,使砂岩型铀矿在我国铀矿总储量中的比例被逐年刷新。另外,南方硬岩型找矿工作重新启动四年来,找矿效果比预想的更好(张金带等,2007)。然而,在取得上述成果的基础上,应该更清醒地看到下列存在的问题和找矿形势的严峻。

(1) 后备勘探基地严重不足:南方硬岩型找矿工作重新启动开展四年来,虽取得了很大进展,但勘查区全部位于老矿区及其外围,属于老矿床的扩边探底工作,新区开辟及新类型探索未获得实质性进展,后备勘探基地严重不足。

(2) 盆地砂岩铀矿地浸开采条件苛刻:近年来,我国北方砂岩铀矿勘查区找矿工作虽取得了很大进展,但能够进行有效地浸开采的矿床仍然有限。铀矿地浸开采条件苛刻,受现代水文地质环境、岩石透水性、可溶性盐类物质含量等诸多因素影响。目前我国部分矿床的地浸开采关键技术尚处于试验研究阶段,欲大规模应用于生产,则尚有诸多技术障碍有待突破。

(3) 综合勘查技术手段单一,认识未能深化:目前用于新区探索的技术力量薄弱,资金投入不足,综合勘查技术手段单一,研究成果不能及时得到验证,致使认识不能进一步深化。某些所谓一级远景区、二级远景区经多轮研究评价,仍然在进行重复地"纸上谈兵",成矿理论和认识未经实践检验,可信度较低。

以上问题将致使我国广大的铀矿地质工作者,必须以全新的科学思维,实事求是的工作态度,认真回顾和总结区域铀成矿规律和成矿特点,重新思考和研究新的找矿部位和找矿空间,为国家核能源建设提供充足的铀矿资源。

1 中南地区铀矿类型

中南地区包括豫、鄂、湘、桂四省(区),50 年来所探明的铀矿资源储量居全国第二,发现和落实各类铀矿点数百处,探明各种类型(黄净白等,2005)铀矿床若干个。铀矿类型可分 5 大类型 18 个亚类即:花岗岩型、碳硅泥岩型、砂岩型、火山岩型和其他类型(表)。以花岗岩型和碳硅泥岩型为主,占全区已探明铀矿总储量的 90.93%;砂岩型矿床控制铀资源总储量的 8.79%;其它类型铀矿床控制铀资源总储量的 0.284%;火山岩型铀矿目前仅初步查明铀矿点数十处。

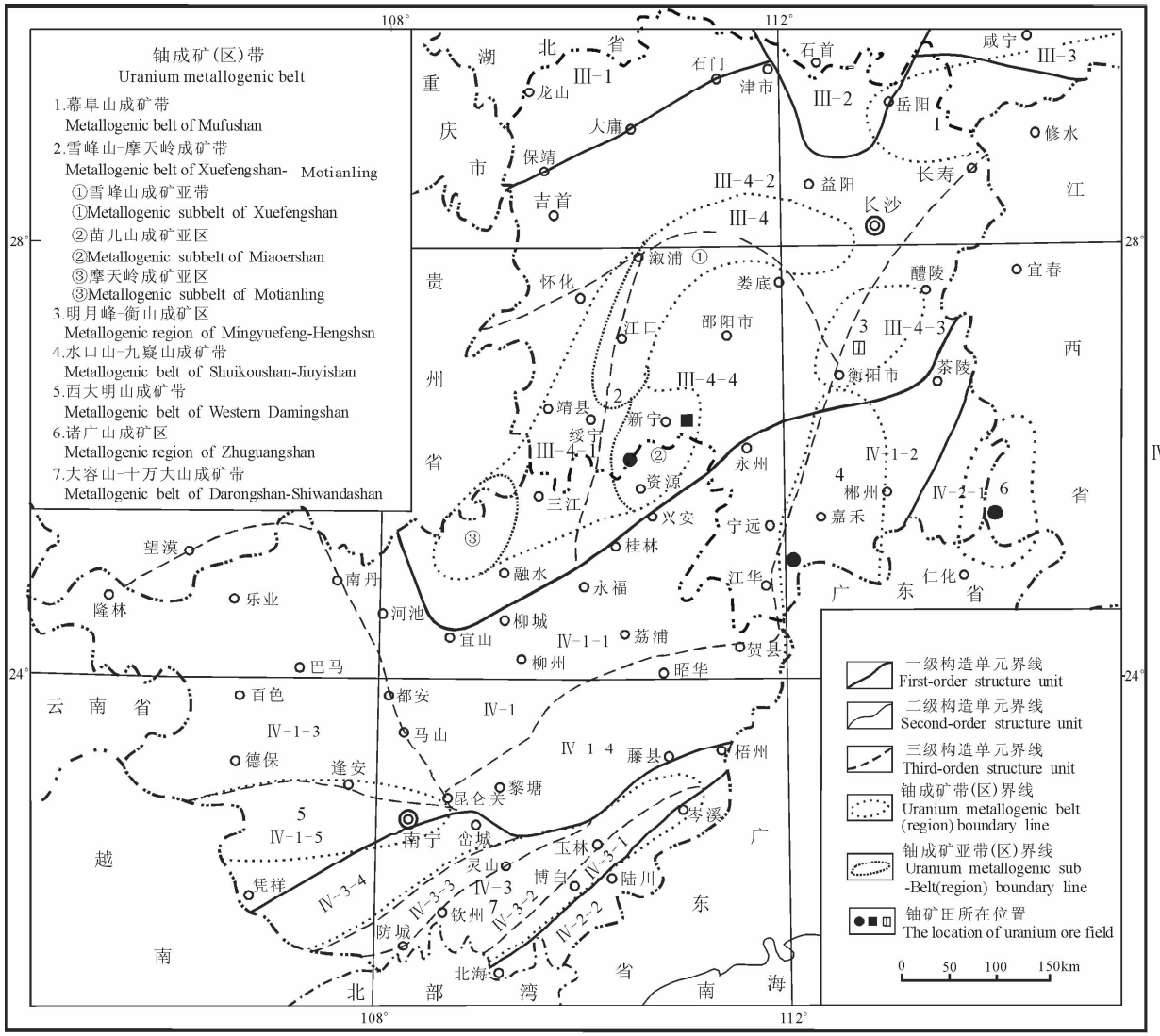
全区共查明铀矿田 5 个,拥有铀成矿带(区)7 条,不同类型铀矿床集中分布于不同的铀成矿带(区)中(图 1)。花岗岩型铀矿集中分布于诸广山成矿区和苗儿山—摩天岭成矿亚区及水口山—九嶷山成矿带;碳硅泥岩型铀矿集中分布于雪峰山成矿亚带、苗儿山成矿亚区湘中褶皱区、水口山—九嶷山成矿带耒临褶皱区、西大明山成矿带等诸多地区。全区共提交砂岩型铀矿床X个,拥有砂岩型铀矿田X

表 1 中南地区铀矿类型及储量比例*

Table 1 Types and reserves proportion of uranium deposits in central south China

铀矿类型			铀矿类型		
大类	亚类	控制储量比例	大类	亚类	控制储量比例
花岗岩型	接触带亚型 硅质脉亚型 碎裂蚀变岩亚型 碱交代亚型 矽卡岩亚型(矿点)	46.12%	砂岩型	砂砾岩亚型 粉砂岩、泥(灰)岩亚型	8.79%
			火山岩型	火山熔岩亚型 次火山熔岩亚型 火山碎屑岩亚型	未提交矿床
碳硅泥岩型	薄层碳硅泥岩亚型 碳酸盐岩亚型 硅质角砾岩亚型	44.81%	其他类型	混合岩-变质岩亚型 伟晶状花岗岩亚型 碱性岩亚型 含铀煤亚型	0.284%
砂岩型	砂岩亚型				

* 引用中南铀矿地质志。



大地构造单元 Geotectonic unit

III. 扬子准地台：Yangtze paraplatform

III-1 上扬子台褶带：Upper Yangtze platformal fold belt

III-2 江汉断陷：Jianghan fault depression

III-3 下扬子台褶带：Lower Yangtze plateformal fold belt

III 4 江南台隆：Jiangnan anteclise

III-4-1 湘西南-桂北断隆：Southwestern Hunan-Northern Guangxi faulted-uplift

III-4-2 湘西-湘东北断隆：Western-Northeastern Hunan faulted-uplift

III-4-3 湘东断隆：Eastern Hunan faulted-uplift

III-4-4 湘中褶皱区：Middle Hunan folded region

IV. 南华活动带：Nanhua active belt

IV-1 湘桂褶皱带：Hunan-Guangxi folded belt

IV-1-1 湘南-桂中褶皱区：Southwestern Hunan-Central Guangxi folded region

IV-1-2 耒-临(印支)褶皱区：Mei-Lin(Indosinian) folded region

IV-1-3 右江裂陷槽：Youjiang aulacogen

IV-1-4 大瑶山隆起：Dayaoshan uplift

IV-1-5 西大明山隆起：Western Damingshan uplift

IV-2 华夏褶皱带：Huaxia folded belt

IV-2-1 武功-诸广断隆：Wugong-Zhuguang faulted-uplift

IV-2-2 云开地块：Yunkai block

IV-3 钦州(华力西)褶皱带：Qinzhou(Variscan)folded belt

IV-3-1 博白拗陷：Bobai depression

IV-3-2 六万大山隆起：Liuwandashan uplift

IV-3-3 钦州拗陷：Qinzhou depression

IV-3-4 十万大山断陷。Shiwandashan fault depression

图 1　中南地区主要产铀区铀成矿带分布图

Fig. 1　Distribution map of uranium metallogenic belts in the main uranium-producing areas of central south China

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

个，个别矿床控制储量已达大型矿床规模。砂岩型、酸盐类矿石，其中，硅质脉亚型铀矿耗酸量在1%～5%之间，浸出率大部分在95%以上；碎裂蚀变岩亚型铀矿大部分矿床耗酸量在5%左右，少数达10%左右，浸出率均在95%以上；岩体外接触带亚型铀矿大部分矿床耗酸量在6%～7%之间，少数在12%左右，个别达19%，浸出率大部分在90%以上，个别较低(香草矿床89.1%)。数十年来矿石的采-选-冶实践表明，中南地区已探明的花岗岩型铀矿，属于选冶成本较低的经济类铀矿床。

铀矿床主要分布于衡阳盆地，开于20世纪60～70年代开采完毕闭坑。另有部分小型矿床分别位于广西十万大山盆地东缘和金鸡盆地北部。河南潢川盆地、洛宁盆地，湖北江汉盆地，湖南沅麻盆地仅有砂岩型铀矿点及矿化异常分布。其它类型铀矿仅提交小型矿床X个，包括位于湖南省桑植县境内的业家洄含铀煤亚型矿床和位于会同县境内的早禾田变质岩亚型铀矿床。伟晶状花岗岩亚型和碱性岩亚型铀矿仅有少数矿点或矿化异常产出。

由于篇幅所限，本文将重点对控制全区铀矿总储量90.93%(不包括2006年以后新增部分)的花岗岩型和碳硅泥岩型铀矿成矿特点及找矿前景作简要论述。

2 中南地区铀成矿特点及找矿前景

2.1 花岗岩型铀矿

按铀矿化与产铀花岗岩体的空间及成因关系，进一步分为产于岩体内部的硅质脉亚型铀矿、碎裂蚀变岩亚型铀矿和产于岩体内外接触带与岩体有成因联系的接触带亚型铀矿(余达淦等，2005)。这三种类型铀矿床构成了中南地区花岗岩型铀矿的主体。其中，岩体接触带亚型铀矿控制储量占全区已探明铀矿总储量的20.69%，占花岗岩型铀矿储量的44.88%；碎裂蚀变岩亚型铀矿控制储量占铀矿总储量的16.74%，占花岗岩型铀矿储量的36.3%；硅质脉亚型铀矿控制储量占铀矿总储量的7.94%，占花岗岩型铀矿储量的17.23%。在已探明的花岗岩型铀矿床中，大中型矿床占30.77%，拥有矿床若干个，控制铀矿储量的75.98%。铀矿勘查表明，中南地区花岗岩体内外接触带亚型矿床为优势矿床，控制铀矿储量位于各类矿床之首，大中型矿床较多，单个矿体规模大，矿床平均品位较高，大部分矿床含有富铀矿体或矿段，应列为找矿的主要目标。

花岗岩型铀矿床矿石类型与赋矿岩石有关。铀主要以沥青铀矿物形式存在，矿石呈脉状、细脉状、浸染状或角砾状。铀多与紫红色玉髓—微晶石英相伴组成含矿硅质脉，或与赤铁矿、绿泥石、黄铁矿等相伴，叠加在赋矿岩石中形成矿脉(体)，或与紫黑色萤石—硫化物相伴，呈脉状穿插于赋矿围岩中或胶结角砾岩形成角砾状矿石等。

大部分矿床伴(共)生元素及有害组分含量低，一般为单一铀矿床。矿石选冶成本低，加工性能较好，为耗酸量低、浸出率高、易选冶、经济效益高的硅

2.1.1 花岗岩外接触带亚型铀矿床

全区共探明此类型铀矿床数十个，矿床主要产于花岗岩体外接触带，矿化受层间破碎带或切层断裂及接触带断裂控制。产铀岩体主要侵位于震旦-寒武系及中元古界冷家溪群或新元古界板溪群，其次为泥盆系、石炭系、二叠系。赋矿岩层通常富含碳泥质、有机质、黄铁矿，铀含量偏高。外接触带围岩常发育有硅化、角岩化、矽卡岩化等变质现象。产铀岩体时代为燕山早期、印支期、雪峰期。矿床或矿体主要形成于外接触带断裂系统中，且多数情况下外带矿量多于内带，以岩体侵入接触面附近的构造有利部位矿化较好，如LJ矿床、JGC矿床。有些矿床其矿体全部赋存于外接触带，距岩体侵入接触面数十米至千余米，如XC矿床、SBZ矿床。与外接触带型铀矿床有关的岩体及赋矿地层，其铀丰度及铀浸出率都较高，成矿铀源来自岩体及外接触带地层。矿体呈似层状、透镜状。大多数矿床成矿年龄为47～88Ma，矿岩时差大。

2.1.2 花岗岩硅质脉亚型铀矿床

该类矿床形成于花岗岩体内部，铀矿化主要与燕山期岩体有关，部分与印支期岩体有关，矿化受硅化断裂带控制。硅化断裂带具有多期次热液活动特征，各期热液脉体发育。含矿脉体主要为含铀黄铁矿或赤铁矿—微晶石英、含铀石英—方解石脉及含铀石英—萤石脉等。铀矿体赋存于硅化断裂带及其旁侧蚀变花岗碎裂岩及蚀变碎裂花岗岩中，如SBZ、YJN、XC等矿床。铀矿石类型有沥青铀矿—微晶石英型、沥青铀矿—紫红色(杂色)玉髓型、沥青铀矿—黄铁矿型、沥青铀矿—紫黑色萤石型和沥青铀矿—赤铁矿—微晶石英型。矿石结构构造有脉状、网脉状、浸染状、角砾状等。成矿年龄大部分在80～45Ma之间，部分在90～100Ma之间，个别甚至更早。

2.1.3 碎裂蚀变花岗岩亚型铀矿床

矿床产于花岗岩体内部，受断裂控制，但铀矿体

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

主要赋存于断裂旁的各种碎裂蚀变岩中,目前已探明铀矿床若干个。与铀矿化有关的围岩蚀变主要为钾长石化、硅化、黄铁矿化、绿泥石化、萤石化、赤铁矿化、碳酸盐化、粘土化等。由于蚀变岩受各种因素影响,因此矿体形态较复杂。如 HFL 矿床矿体分布完全受钾交代岩控制,MC 矿床矿体主要赋存于断裂分支复合、膨胀、次级裂隙发育地段的花岗碎裂蚀变岩中,矿化强度与岩石蚀变程度有关。金鹤生等(1998)认为是拆离构造糜棱岩带下盘的碱交代花岗岩成矿;有人认为该类矿床多半产于 3 个有利地质环境中:①矿床在碱交代岩中定位,碱交代岩本身具碎裂结构;②矿床在 W-Sn 石英脉矿根相定位;③矿床在红盆底部碎裂花岗岩中定位。此类矿床因地表极易风化淋滤而贫化,地表放射性强度反映不高而往往被忽略。成矿年龄大部分在 80～45Ma 之间,部分在 90～100Ma 之间,个别甚至在 293～378 Ma 之间。

2.1.4　碱交代岩亚型铀矿床

中南地区碱交代岩亚型铀矿床目前被确认的仅为 LD 矿床,碱交代岩主要见于花岗岩区内,分为钾交代与钠交代,以钾交代为主,形成花岗岩钾交代体。碱交代岩与深大断裂关系密切,发育于深大断裂两侧,尤以伸展断裂下盘最为有利。铀矿化受碱交代岩控制,碱交代原岩为花岗岩和混合变质岩,交代作用及控矿因素均与花岗岩有关。

上述 4 种花岗岩型铀矿床类型中,以岩体外接触带亚型铀矿控制铀资源储量最多,位于中南地区已探明的各类铀矿床之首,大中型矿床所占数量较多,控制储量占全区已探明的花岗岩型铀矿总储量的 44.88%。数十年的找矿实践表明,花岗岩型铀矿特别是岩体外接触带亚型铀矿为中南地区的优势成矿类型,其成矿潜力巨大,找矿前景广阔,主要表现在以下方面:

(1)产铀岩体分布广泛。诸广山岩体、金鸡岭岩体、苗儿山岩体均为控制铀矿田产出的大型产铀岩体,另有丫江桥、摩天岭、元宝山等众多大中型岩体,仍然控制着中南地区花岗岩型铀矿矿集区的分布。这些岩体均为长期活动演化的复式岩体,其铀含量普遍偏高(一般为 10×10^{-6}～30×10^{-6}),具有产铀岩体的系列地质特征、地球物理和地球化学特征(中南铀矿地质志,2005)。

(2)成矿期构造热液活动强烈。各产铀岩体构造热液活动普遍较强烈,成矿早期的自变质作用,广泛的钾、钠长石化交代作用及硅化、绿泥石化、水云母化作用较普遍。成矿期受断裂带控制的碱交代作用,杂色玉燧化、赤铁矿化、胶状黄铁矿化、紫黑色萤石化等均不同程度有所表现,与铀成矿关系密切。成矿后普遍出现硅化、碳酸盐化等热液蚀变。

(3)岩体外接触带地层铀含量高,地球化学反差大。区内岩体外接触带地层主要为上震旦-下寒武统海相硅泥质岩系列,部分为泥盆-石炭系及前震旦系海相泥岩、泥灰岩、灰岩、粉砂岩等,岩石铀含量普遍偏高,可作为铀成矿的第二铀源体,为富铀矿产出的有利部位。例如产于金鸡岭岩体北外带寒武系中的 NTJ 矿床,矿床平均品位达 1.58%。另外,海相地层岩石结构细腻,成岩程度高,部分已成为区域浅变质岩。受岩体侵入影响大部分已不同程度的角岩化,其地球物理、地球化学性能与岩体之间反差作用大,成为良好的铀成矿地球化学屏障,有利于铀的富集成矿。

(4)铀成矿地球物理、地球化学信息反映明显。中南地区大型产铀岩体均位于以出露岩体为中心的重力负异常圈闭内,重力负异常分布范围大体反映了深部隐伏岩体的分布范围(舒孝敬,2004,中南铀矿地质志,2005);岩体外接触带有环状磁异常围绕岩体分布,部分磁异常呈线状沿区域性深大断裂有规律的展布,这些磁异常往往是地质体中磁性矿物集中分布的反映,代表了深部热流体作用过程,与铀成矿关系密切,借以探查和追索热流体活动范围和规模,寻找深部隐伏铀矿床。另外,已知铀矿分布区与航空 γ 能谱异常区及地面水化异常区均有明显的依存关系,可作为寻找深部隐伏铀矿的重要标志和手段。

(5)矿床规模大、富铀矿体多集中分布。全区已探明的花岗岩型铀矿床以岩体外接触带亚铀矿床大中型矿床所占数量最多,控制铀矿储量最大(94%);碎裂蚀变岩亚型铀矿床,大中型矿床控制储量为同类矿床的 69.6%;硅质脉亚型铀矿床,大中型矿床控制储量为同类矿床的 49.7%。全区富铀矿床及矿体,以岩体外接触带亚型所占比例最大,明显反映其成矿具有双铀源或多铀源特征。

2.2　碳硅泥岩型铀矿特点及找矿前景

碳硅泥岩型铀矿,矿化受地层层位、岩性岩相、构造等诸多因素控制,属于层控叠加改造型热液铀矿床。按含矿地层、岩石类别及性质的不同,进一步分为薄层碳硅泥岩亚型、碳酸盐岩亚型、硅质角砾岩亚型三类。其中,薄层碳硅泥岩亚型铀矿控制储量占全区已探明铀矿总储量的 18.82%;碳酸盐岩亚

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

型铀矿控制储量占已探明铀矿总储量的 18.18%；硅质角砾岩亚型铀矿控制储量占已探明铀矿总储量的 7.81%。

2.2.1 薄层碳硅泥岩亚型铀矿床

本类型铀矿床赋矿地层为上震旦-下寒武统含碳硅泥质岩-白云岩系列，产铀层铀含量高，浸出率也高，即储矿层一般为铀源层。铀矿化受层位、岩性、岩相、层间破碎带和成矿期构造热液活动等多因素控制。矿体多呈似层状、透镜状或板状沿层分布，局部受构造影响有跨层或切层现象。全区已探明此类型铀矿床数十个，以小型矿床居多，矿体规模小，平均品位低。铀在矿石中主要呈分散吸附状态存在，大部分被粘土矿物、褐铁矿、水铝英石、碳质、胶状黄铁矿等吸附，沿微层理分布或呈斑点状分布，形成微脉浸染状矿石；明显受构造控制的角砾岩型矿石，铀分布于构造角砾岩胶结物中或沿裂隙充填，被碳泥质、黄铁矿及岩粉等吸附，少量呈独立铀矿物形式存在，矿石品位较富。大部分矿床伴(共)生元素含量高，部分达到综合利用指标或具有独立开采价值。

薄层碳硅泥岩型铀矿矿石水冶试验表明，矿石总体耗酸量大部分在 10%～15%之间，少数在 20%以上，视赋矿岩石性质不同而异，但仍有部分矿石属于耗酸量低(3%～5%)的易选冶矿石(中南铀矿地质志，2005)。20 世纪 80 年代，由于受国内铀资源利用范围局限的影响，特别是国际铀价持续走低的影响，以及矿床品位低、规模小、选冶成本高和综合利用效率低等诸多因素影响，这类矿床则受到冷落而停止开采、勘探和研究。相隔 20 年之后，情况则发生急剧变化。如今，从我国能源矿产的长远考虑，探索和研究薄层碳硅泥岩型铀矿的综合找矿及综合利用，是解决我国铀资源供需矛盾的重要举措。

2.2.2 碳酸盐岩亚型铀矿床

全区已探明此类型铀矿床若干个。矿床或产于古叠置型岩溶洼地中，或分布于古生代褶皱构造控制的层间破碎带中。赋矿层位为泥盆系及石炭系，其次是下二叠统。储矿层为碎屑岩与碳酸盐岩之间的过渡层。矿床或矿体多受层间断裂破碎带控制，其次受古岩溶控制。含矿主岩有含碳白云质泥岩、粉砂泥质白云岩、白云质灰岩、灰质白云岩、含碳生物碎屑灰岩、含碳泥质粉砂岩，如 KSJ、BT 等矿床。矿体形态复杂，有似层状、透镜状、囊状。矿床微量元素组合以亲铜元素及钼元素为特征，GZT 矿床为铀-钨共生矿床。

2.2.3 硅质角砾岩亚型铀矿床

铀矿化主要产于下二叠统孤峰组(JYZ 矿床)，鄂东南下志留统新滩组亦见铀矿床(PQ)及矿化点分布。产铀层主要由黑色至灰黑色碳质页岩、含碳硅质岩组成，时夹泥质粉砂岩及灰岩透镜体。由于产铀层由 2～3 种物理化学性质不同的岩层组成，且孤峰组下伏的栖霞组主要由碳酸盐岩组成，故该层位易产生层间断裂破碎带，经后期热液活动形成硅化带。硅化带由硅质角砾岩、石英岩、微晶石英岩组成，形态复杂。铀矿化受硅化带控制，矿体赋存在硅化角砾岩带中，以 JYZ 矿床为典型代表。在褶皱转折地段，尤其是硅化(角砾岩)带挠曲、叠覆、加厚、岩石破碎及次级断裂和裂隙发育地段矿化为好。矿体形态复杂。

矿石类型可分为细脉角砾岩型和微脉浸染型。矿物成分复杂，金属矿物为沥青铀矿、辉钼矿、黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、毒砂、方硫镍矿、辉铁镍矿、辉砷镍矿、锑硫镍矿、硫镉矿；非金属矿物为石英、玉髓、粘土矿物、方解石、萤石、磷灰石、绿泥石。沥青铀矿常与黄铁矿、石英组成细脉、微脉、细脉充填岩石裂隙或胶结角砾岩。矿床为以铀为主的铀钼共生矿床。成矿年龄 60～75Ma。

碳硅泥岩亚型铀矿为中南地区独具特色的铀矿类型，具有举足轻重的位置，本类型铀矿具有以下特点及开发利用优势：

(1)含矿层位多、分布面积广、蕴藏的铀资源量巨大。中南地区碳硅泥岩型铀矿地域分布广，从幕阜山成矿带、雪峰山—摩天岭成矿带、水口山—九嶷山成矿带、西大明山成矿带、大容山—十万大山成矿带等五大成矿带的大面积范围内，均有铀矿床分布。杜乐天曾经指出(杜乐天，2005)，华南地区广泛发育的碳硅泥岩型铀矿，其铀矿资源量之大实属惊人。湖南、广西作为我国碳硅泥岩型铀矿的主产地，其矿床产出层位主要有上震旦-下寒武统、泥盆系、下石炭统及下二叠统。含矿层大多形成于深水滞留还原环境或槽状海盆还原环境中，部分形成于闭塞海湾或生物屑大量堆积的浅滩环境中。上述环境使地层中的铀在沉积过程中得以初始富集，在之后的成岩过程中，随着地壳增温和压力的增加，在热力驱动下孔隙水发生迁移，铀在地层中随之产生再分配，在有利部位进行了第二次富集，为后来的构造—热动力改造成矿奠定了基础。特别是雪峰山—摩天岭成矿带，上震旦-下寒武统含铀层大面积分布，地层中铀含量一般高出地壳同类岩石的数倍至数十倍，成为

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

重要的铀源层。数十年的找矿实践和初步统计资料证明,该区含量≥0.03%的潜在铀资源量在若干万吨以上。以往按最低工业品位(0.05%)圈定和提交的小型矿床,如将其最低工业品位降低至 0.03%来圈定矿体(如按伴生元素综合利用、价格等综合因素确定最低工业品位),将成为大型或特大型矿床。全区在上震旦-下寒武统共找到此类薄层碳硅泥岩亚型铀矿床数十个,其潜在的低品位铀资源量巨大。

(2)伴生有用元素种类多,含量高,综合利用效益好。我国以往的铀矿地质找矿多以单一矿种为主,忽视了综合找矿和综合利用(罗梅等,2009)的巨大经济效益。然而,中南地区碳硅泥岩型铀矿伴(共)生有利用价值的元素种类多,含量高,铀常与钒、钼、镍、铜、银、镓相伴,部分与铬、砷、镉、钨、铋、钴、锑相伴。据部分薄层碳硅泥岩型铀矿床所作化验资料的不完全统计,在所提交的数十个铀矿床中,有 19 个矿床伴(共)生微量元素含量达综合利用要求,18 个矿床伴(共)生有利用价值的元素多达 10 余种,含量比围岩有明显增高。对少数矿床进行的伴(共)生元素储量计(估)算结果显示,其有用元素含量及储量达到综合利用指标,或具有独立开采价值(中南铀矿地质志,2005)。例如:上龙岩矿床 V_2O_5 平均品位为 0.599%,矿体平均厚度 16.95m,V_2O_5 储量为 67882 t;岩湾矿床 V_2O_5 储量为 256900t;梯冲矿床 V 平均品位为0.739%,主矿体厚 30m 以上,V 金属储量 11684.15 t;老卧龙矿床 Cd 金属储量为 1078.3 t,V 金属储量达 100 万吨(品位 0.9%～1.1%);铲子坪矿床 Cd 平均品位 0.58%;奎溪坪矿床 V_2O_5 品位达 0.23%～0.83%,矿体厚 2～6.09m;广子田矿床 W 平均品位0.168%,金属储量 3020.70 t。矿山(711 矿)对 JYZ 硅质角砾岩型大型 U-Mo 矿床进行 Mo 回收利用,仅 1981 年回收副产品 Mo 达 400t,产值 1480 万元人民币。柏坊 Cu-U 矿床其铜矿体分布范围远大于铀矿体,矿体品位高,埋藏浅,其经济价值大于铀矿。

(3)拥有大量地质资料和找矿成果经验,铀矿采、选、冶技术较成熟

中南地区碳硅泥岩型铀矿找矿工作始于 20 世纪 50 年代中期,在近 40 年的找矿和科研工作中,投入了大量人力、物力和财力,提交了数万吨铀矿储量,获得了大量科研成果和较系统的铀矿地质勘查资料,培养了大批铀矿地质技术人才和管理人才,拥有丰富的找矿成果经验。铀矿采、选、冶技术成熟,先后有 LWL、HC、JS、DX、BF、JYZ 共 6 个矿床提交矿山开采利用。其中 DX、LWL 矿床保有储量占地质部门所提交储量的 50%以上,其余 4 个已开采的矿床仍有相当可观的保有储量待采。全区已开采的碳硅泥岩型铀矿仅占提交储量的 30%。这些宝贵经验和财富,为未来我国铀矿产业的综合利用和可持续发展奠定了基础。

(4)开发利用的外部环境有利。中南地区薄层碳硅泥岩型铀矿,大部分矿床位于人口稀疏的偏远山区,开发利用将不会对居民的居住环境造成大的影响,废渣废水易处理,环境治理投资小。另外当地山区水资源丰富,无大的用电企业,矿床开发用水用电可得到保障。某些矿床位于老矿山外围,可充分利用现有设备加以改造,或就近新建若干个采矿工区,节约矿山建设投资。

3　找矿目标和找矿方向

以往对我国已有铀矿床的经济技术评价,是以每吨金属铀 26.5 万元人民币为准。当某矿床每吨金属铀采冶成本超过 26.5 万元时,即认为不经济而被剔除。同时对矿床的综合利用元素也未计价进入成本核算,歪曲了矿床固有的经济价值。事实上,对于任何资源的经济技术评价都应是动态的,应随着经济发展势态而有不同的评价结论。当今,国际 U_3O_8 的价格(张海青,2007,蒋振频等,2007,谈成龙,2007)已升为每磅 90 美元,折合每千克则为 198 美元。以每千克 U_3O_8 含纯金属铀 0.848 千克计算,则国际金属铀价为 233.5 美元/kg,按美元兑人民币汇率 1∶7 折算,每吨金属铀价为 163.45 万元。如果能以现有国际市场铀价为准则,则原来被剔除的不经济类铀矿床,有一大部分可进入开采行列。这样,中南地区可利用的铀矿资源必将出现一个可观的增量。北方砂岩盆地中的铀矿,许多乃是 20 世纪 50～60 年代被认为是不可利用的贫矿,实行地浸开采新工艺后,采冶成本大大降低,使含量仅为 0.01%的低品位铀资源成为可利用的工业铀矿床。

上述分析表明,中南地区未来铀矿地质找矿工作,应从自身的铀资源类型特点出发,因地制宜,扬长避短,积极开拓开发具有本区特色的铀矿类型。实现找矿目标多元化,找矿工作重点应放在大型产铀岩体内外接触带;对碳硅泥岩型铀矿特别是薄层碳硅泥岩亚型铀矿,应开展综合找矿和综合利用研究,以矿床的综合效益和矿产品的最新价格确定矿床最低工业品位,使本区所拥有的巨大的铀-多金属矿产资源得到充分合理地利用,实现矿产资源的可

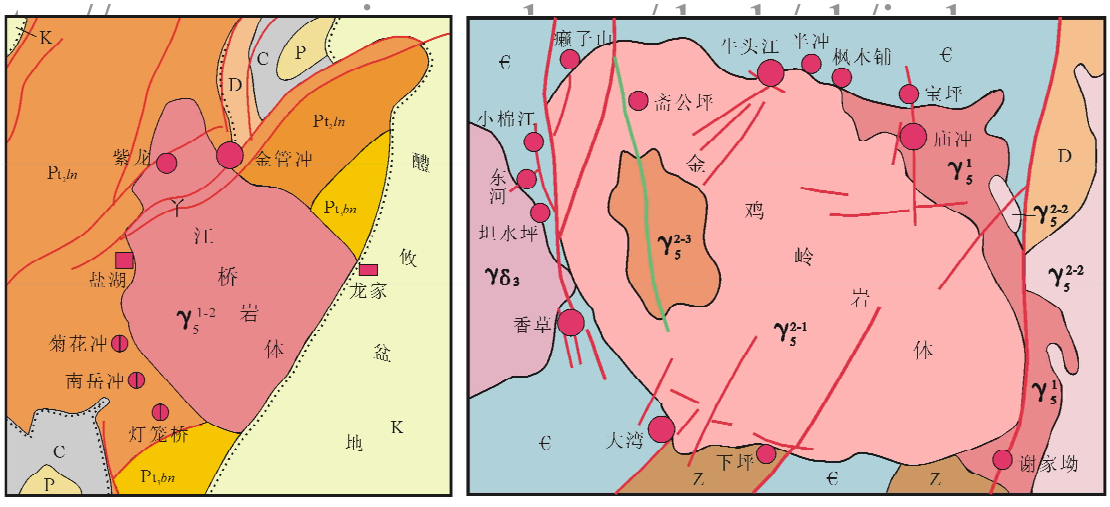


图 2 铀矿床空间分布与产铀岩体关系图

Fig. 2 Relation of spatial distribution of uranium deposits and uranium-producing rock bodies

1—冷家溪群;2—板溪群;3—震旦系;4—寒武系;5—泥盆系;6—石炭系;7—二叠系;8—白垩系;9—雪花顶岩体;10—砂子岭岩体;11—丫江桥岩体;12—金鸡岭岩体;13—西山岩体;14—螃蟹木岩体;15—辉绿岩脉;16—地质界线;17—不整合界线;18—断裂;19～22—铀矿床、矿点

1—Lengjiaxi Group; 2—Banxi Group; 3—Sinian; 4—Cambrian; 5—Devonian; 6—Carboniferous; 7— Permian; 8—Cretaceous; 9—Xuehuading rock body; 10—Shazilin rock body; 11—Yajiangqiao rock body; 12—Jinjiling rock body; 13—Xishan rock body; 14—Pangxiemu rock body; 15—diabase vein; 16—geological boundary line; 17—unconformable boundary line; 18—fault; 19～22—uranium deposit, uranium mineral occurrence

持续发展。同时,积极探索受斑岩体控制的铀矿。

3.1 岩体外接触带的找矿工作

3.1.1 金鸡岭岩体外接触带

金鸡岭岩体为大湾矿田的主要产铀岩体,岩体外接触带分布有数个大中型铀矿床及众多铀矿点,岩体内外铀异常点带更是星罗棋布,为中南地区花岗岩外接触带型富铀矿产区之一(图 2b)。该区铀矿地质勘查始于 20 世纪 50 年代,60～70 年代进入勘查的高峰期,重点对岩体西部和南部外接触带进行了较系统的勘查,工作程度相对较高。但矿床之间的部分地段及大湾矿床西部勘查工作尚未完成,工程揭露控制程度不够充分,仍留有一定的找矿空间。20 世纪 80 年代至今,本区铀矿地质勘查工作基本处于停顿状态。岩体北外带因交通困难及地形复杂等因素,工作程度相对较低。后经多轮多学科多方法综合地质研究认为,金鸡岭岩体北外带牛头江—枫木铺一带,为铀成矿有利地段,多个研究报告均将其列为一级成矿远景区。其成矿有利因素主要表现在以下几个方面:

(1) 岩体外接触带下寒武统香楠组赋矿层分布广泛,铀含量高,角岩化发育宽度大;

(2) 地表异常及矿点受断裂控制明显,断裂具有一定规模,异常分布范围大;

(3) 岩体北部有大规模铀成矿作用发生,已知矿床成矿作用强烈,矿体延伸具有一定规模且品位高。

(4) 以往对已知矿床揭露控制的范围较小,大部分地段未进行钻探揭露,部分地段仅用少量稀疏的浅钻控制,勘查工作存在较多薄弱环节,矿床外围及深部有较大找矿余地。

(5) 航空放射性能谱测量显示(中南铀矿地质志,2005),金鸡岭岩区有一明显的高放射性元素含量带,横切金鸡岭岩体,呈明显的北东向带状分布,全长约 50km。沿该带分布有众多 U、Th、K 能谱异常和放射性能谱总计数率异常,大湾矿田已知铀矿床均分布于该带及其附近,因此该能谱异常带是铀成矿的指示信息,代表了区内铀元素的一次重要迁移和富集。

(6) 布格重力异常范围与岩体出露位置有较大偏移,岩体向北隐伏延伸较远(中南铀矿地质志,2005),因此金鸡岭岩体北外带是寻找花岗岩外接触带型铀矿的首选地段之一。

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

3.1.2　苗儿山—越城岭岩区

本区为中南地区的主要产铀区之一,共探明各类铀矿床若干个,铀矿类型有花岗岩型和碳硅泥岩型,以碳硅泥岩型为主,矿床规模大,少数矿床控制着本成矿区半数以上的铀资源储量(位于岩体外接触带,成因存在争议)。花岗岩型铀矿属于硅质脉亚型和碎裂蚀变岩亚型,岩体外接触带亚型铀矿尚未提交矿床。

本成矿区位于以苗儿山和越城岭岩体为中心的布格重力负异常范围内(中南铀矿地质志,2005),负异常范围向已出露岩体的北部有较大偏移,特别是越城岭岩体负异常向北偏移更大,反映该岩体向北有较大的隐伏延伸区,是寻找岩体外接触带型铀矿的优选区。该区域同时也是邵阳-资源大断裂通过部位,岩体北外带产有清江桥和曹家田 2 个铀矿点,赋矿层为下寒武统黑色岩系。该铀矿点同时位于航空 γ 能谱异常圈闭内,异常范围较大,呈北东向展布,与北东向控矿断裂走向吻合,该区同时有铅锌矿分布。在航磁异常图上(中南铀矿地质志,2005),越城岭岩体北部隐伏岩区有磁强度为 50nT 以上的串珠状磁异常,单个磁异常强度及范围与金鸡岭岩体南外接触带大湾矿床的相当,因此该区域应引起足够重视。另外在越城岭岩体东南部接触带、苗儿山岩体西部和西北部均发育有与区域性断裂走向一致的布格重力异常和航磁异常。

本区与铀成矿有关的放射性水化异常点、异常晕发育,部分受断裂控制的异常水点,水中铀含量较高,出水点水流量、水温稳定,受地表降雨及季节影响较小,空间展布有一定规律性。许多异常晕的产出受岩体接触带及成矿期断裂双重控制,为深循环地下水所控制的异常,反映深部铀矿化信息。

多学科研究表明,苗儿山越城岭岩区铀成矿环境良好,不仅存在巨大的产铀花岗岩体,且岩体外接触带存在多个富含还原介质的富铀地层。成矿构造动力学、构造地球化学环境等对铀成矿都十分有利。加强对苗儿山岩体周边特别是西外接触带和越城岭岩体北部隐伏岩区多学科综合研究与探索,有望获得找矿新突破。

3.1.3　诸广山岩体西外带

诸广山岩体为鹿井矿田的主要产铀岩体,产有若干个花岗岩外接触带型、硅质脉型和碎裂蚀变岩型铀矿床,另有众多铀矿点及矿化异常点(带)分布,为中国南方重要的花岗岩型铀矿集区。岩体外接触带为寒武系砂岩、黑色板岩及含碳硅质岩。区域大地构造位置及地质、地球物理、地球化学环境对成矿十分有利(杨尚海,2008)。

诸广山岩体为多期多阶段发展演化形成的大型复式岩体,最早形成于印支期,至燕山期仍有强烈活动。区内构造热液活动频繁,沿断裂充填的花岗斑岩体、细晶岩脉、辉绿岩脉及石英脉发育。岩体西外带寒武系热接触变质作用强烈,角岩化带发育宽度大。岩体内部钾钠长石化、硅化、水云母化、绿泥石化等较普遍,但不同地段及部位蚀变类型和强度有所差异。

区内断裂十分发育,主要有东西向、南北向、北东—北北东向及北西向。北东—北北东向断裂为矿田的主要控矿断裂。岩体西外带北西向断裂及寒武系层间破碎带为主要含矿断裂,已探明鹿井、砂坝子及梨花开等数个外接触带型铀矿床,并有诸多铀矿点及矿化异常带沿接触带分布。布格重力测量资料显示(中南铀矿地质志,2005),该区段深部有隐伏岩体存在,是寻找外接触带型铀矿床的有利地段。

成矿区北部在地球物理上形成以万洋山—诸广山南北向复式岩带为中心的布格重力负异常带,南部为汝城—西华山东西向布格重力负异常带,鹿井矿田铀矿床主要产于上述南北向重力异常带与东西向重力异常带夹持区。据重力资料推测岩体西部寒武系分布区深部可能存在隐伏岩体(中南铀矿地质志,2005),此认识在部分地段已得到证实。该区现代河床底部沿寒武系裂隙带有热泉溢水,水温达 98℃,并伴有刺鼻气味的热气流散发,长期饮用该泉水的当地居民多出现氟斑牙。另外,该地区地表寒武系角岩化现象发育,岩石裂隙密集分布,局部破碎强烈,破碎带出现多个放射性异常高点。

在航磁异常图上,汝城东侧—热水西侧沉积变质岩系中,发育有北东向航磁异常,异常长 30km,宽 5～10km,最高磁强度 100 nT 以上,延伸方向与区域构造线方向一致,其西北侧有一短轴状航磁负异常圈闭,发育在诸广山印支期岩体与震旦系及部分寒武系接触带中,走向北东,受接触带及断裂控制明显。

综上所述,本成矿区充足的铀源条件和良好的构造地质、地球物理、地球化学环境,成为中南地区花岗岩型富大铀矿集结和寻找的良好地区之一,特别是岩体西部,外接触带范围大,是寻找花岗岩外接触带型铀矿的有利地区,有巨大的找矿潜力。

3.1.4　丫江桥岩体周边

丫江桥岩体位于扬子准地台江南台隆湘东断隆

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

川口—明月峰隆起带，岩体外围为中元古界冷家溪群，古生界泥盆系、石炭系、二叠系及中生界下三叠统及白垩系。岩浆岩为多期次侵入的丫江桥复式岩体，面积约 260km^2，岩性以黑云母二长花岗岩为主，属于铀含量较高的产铀岩体。区域主要褶皱为潘家冲背斜、大障-贺家桥-严湖向斜和桃水复式向斜等。断裂为醴陵-衡东断裂，走向北北东，延伸＞100km，次级断裂也十分发育。岩体内外晚期补体及岩脉亦十分发育，热液蚀变强烈，伟晶岩化、团块状电气石及围岩俘虏体较常见。岩体外接触带角岩化强烈，宽度大，范围广。岩体东半部被控盆断裂切割，掩伏于白垩纪红层沉积之下。已探明的 JGC 矿床位于大障-贺家桥向斜南西转折端的丫江桥岩体北缘外接触带(图 2a)。ZL 矿床位于该岩体北端的岩体内部。岩体西部及西南部外接触带灯笼桥—严湖一带，分布有数个铀矿点和一系列矿化异常(点)带。区内除已发现的铀矿外，另有铅锌矿、煤矿和钨、铜、高岭土等矿产，为铀—多金属成矿区。

在布格重力异常图上，丫江桥岩体上方显示出与已出露岩体相对应的低值负重力异常圈闭，异常范围远大于岩体出露范围(中南铀矿地质志，2005)，表明该岩体剥蚀较浅，有相当部分隐伏于围岩之下，这与岩体接触带产状、富含电气石团块及围岩俘虏体等实际地质情况吻合，表明丫江桥岩体外接触带具有找矿潜力。

本区共发现各类放射性水化异常晕 29 个，这些异常晕大多与地质构造和铀矿化有成因联系，为深循环地下水引起的深部异常，许多异常经勘查已落实为铀矿体。今后应结合铀成矿地质环境分析，进一步研究水异常的成因，为找矿提供信息。

该区的铀矿找矿工作应以扩大老矿区、加强对岩体外接触带找矿科研工作力度，加大对成矿区大地构造演化与成矿规律的研究，积极探索与中低温多金属矿化有关的热液型铀矿床。岩体西部及西南部外接触带也是值得进一步探索和扩大的地段。

3.2 薄层碳硅泥岩型铀矿的综合找矿与开发利用

现阶段中南地区薄层碳硅泥岩型铀矿的综合找矿工作，不适宜从区域选区入手，按部就班地开展一定面积的铀矿普查工作，而是站在已有矿床勘探成果的基础上，从研究已知矿床勘探资料入手，排查并梳理出具有综合利用价值的矿床。对其中的伴(共)生有用元素进行质和量的定量核查和计算，从综合利用角度重新评价矿床的经济价值，并补取部分样品以满足储量计算的需要。对于确有发展前景和综合利用价值高的矿床，可进行一定量的补充勘探，以扩大矿床远景。同时对矿床的综合利用性能，开展矿石综合技术加工性能研究。通过研究和试验，力争在矿石工艺学方面有所创新和突破，为矿床综合开发利用提供技术保障。同时也为中南地区潜在的巨大低品位铀矿资源能够得到充分合理利用提供新的发展空间。

3.3 斑岩体控矿作用的探索

近年来，斑岩体对铀成矿的控制作用，已引起铀矿地质界的广泛关注，类似找矿事例很多。相山矿田北部的多个铀矿床，矿化主要受花岗斑岩体控制；矿田西部居隆庵矿床北部有相当一部分矿体产于花岗斑岩体内外接触带；浙江大桥坞矿床东南侧的东湾矿点，富铀矿体均受花岗斑岩/石英斑岩体内外接触带形成的隐爆角砾岩筒控制，并将其作为一种重要的找矿标志。鹿井矿田北东侧茶山下一带，侵入印支期岩体的花岗斑岩体发育，地表出露的花岗斑岩体有连续十余米强度大于 13000γ 的放射性高强度反映。这些事实激发人们重新认识斑岩体在成矿中的作用。湖南大湾矿田、湘东丫江桥岩体等中南地区众多产铀岩体中，花岗斑岩类广泛分布，其控矿意义均需重新研究和认识。

4 讨论

中国作为世界上最大的发展中国家，尽管已经拥有了核电、水电、风电及太阳能等清洁能源，但是，目前的能源供应仍然主要依赖煤炭、石油、天然气及各种可燃物质的燃烧提供动力来源，煤电及石油仍然是国民经济的主要支撑体。居民日常生活需要燃气，城市公共交通及农村各种农用机械需要燃油，人们每消耗一度电、一千克汽油，都要向大气层中排放出一定量的 CO_2，加上人们的呼吸向大气中排放的 CO_2，所以地球大气污染已相当严重。过量的 CO_2 排放所导致的温室效应及极端恶劣气候条件，是地球向人类发出的严重警告。

在 2009 年联合国哥本哈根气候变化大会上，将节能减排、发展低碳经济作为本次会议的主题和未来世界经济发展的主旋律。我国政府已向全世界庄严承诺，到 2020 年将减排目标锁定在 40%～45%。目前我国最大的 CO_2 排放源为煤电和燃油动力，其次是城市的燃气设备。改变能源结构不合理状况是实现节能减排、发展低碳经济唯一选择。在众多的清洁能源中，能够替代煤电和燃油动力能源的唯有水电和核电。目前，我国可开发利用的水电资源已

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

十分有限,水电建设淹没土地是惊人的,同时受季节性降雨影响较严重。然而,核电作为清洁能源,在我国具有很大的发展空间,我国具有漫长的海岸线和众多的内陆河流,是修建核电站的天然良港。核电作为国家技术经济实力的象征,在经济发达国家占有很高的比例(陈祖伊、王兴无,2010),我国核电目前在国家电力中所占的比例不足 2%,内陆河流沿岸还没有一座核电站。因此,发展核电是改变我国能源结构布局,实现低碳经济的重要举措。

关于核燃料供应问题。中国核工业地质局作为国家战略性铀资源的保证体系和核电用铀的主要提供者,近年来的找矿效果已证明,我国并非贫铀国家(杜乐天,2005),完全有能力为国家核电发展提供充足的铀矿资源。目前的问题是找矿资金的有效投入和找矿观念的转变。改革开放前,我国用于铀矿勘查的钻探工作量不及前苏联的 1/10,更不用说与美国相比(杜乐天,2005)。改革开放后所投入的钻探工作量更是一落千丈。特别是近年来,全国铀矿钻探年投入工作量虽有所增长,但也仍不及改革开放前一个大局的年工作量(全国六个局)。投入决定产出,这是不可争辩的事实。就目前的投入产出比来看,我国每提交吨金属铀资源量所投入的勘探资金,不足国际市场铀价格的 1/50,远远超过世界发达国家的投入产出比。

找矿观念的转变涉及到许多重大的铀成矿理论问题。过去,在浅源浅成铀成矿理论指导下,相继发现和探明了大批铀矿床、矿点和矿化异常,满足了国家对军用铀资源的需求。进入 20 世纪 80 年代,找矿工作一直处于徘徊状态,特别是南方硬岩型铀矿,除投资方面的原因外,技术方面更主要的表现在成矿理论与找矿技术落后。与国外相比,我国硬岩铀矿勘查存在深度过浅等认识上及勘探技术手段落后的弊病,勘查深度被人为地限定在地表以下 500m 深度区间以内,放弃了对 500～1000m 或更大深度成矿区间的有效勘查。

当今深源成矿与深部找矿(黄世杰,2006)已成为我国矿产资源开发和地质科学研究的热点,国内众多专家学者紧跟世界地学科技前言,相继发表了一系列有重要影响的科研成果和科技论文(胡瑞忠等,2004,2007,邓平,沈渭洲,凌洪飞等,2003),有效地推动了铀成矿理论的更新和找矿工作的发展。认识来源于实践,综观国内外重大矿产的发掘,无一不是超深探查的结果。资料表明,前苏联、原捷克斯洛伐克、法国和加拿大的一些热液铀矿床的探明深度均达到或超过 1.5km,国外开采超过千米的金属矿山有 80 余座,南非维特瓦特斯兰德 Au-U 矿床采深达 4km,前苏联地质学家的一项研究表明(郑作环等,2007),热液铀矿化最大垂直幅度可能为 4～4.5km。我国近年来的深部找矿也取得了令人瞩目的发现,相山、下庄铀矿床以及云南、广东、安徽等有色金属矿床均在接近或达到千米的深度探查到工业矿床。这些找矿实践表明,地下深部存在巨大成矿与找矿潜力。

翟裕生等曾经(翟裕生等,2004)指出,金属成矿的有利空间在地下 5～10km 深度内,这一空间是地壳内外动力学的复合场,也是多种成矿要素发生多变与耦合的转折带。各类热液矿床的成矿物质,或直接来自地幔或下地壳,或壳-幔物质经过多次循环反复的结果,即矿在浅表,根源在深部。裴荣富院士等(1999)对一些成矿区带的综合研究表明,一个大型热液成矿系统的垂直延伸可达 4～5km 或更深。这表明,在地壳中相当大的深度间隔内,具有形成金属矿床的有利空间和相应条件,向地下深部要矿具有科学依据。综合我国东南地区热液型铀矿勘查历史条件,扩大老矿区,加强矿床深部勘查与研究,是实现未来找矿重大突破的必然途径。

华南花岗岩型铀矿床早期矿化与深源成矿密切相关。受深源浅成—超浅成斑岩体或中基性岩脉控制,具有成矿温度高、品位富、富含挥发分等特点。蚀变除绿泥石化、云英岩化外,还有黄玉、电气石化和普遍的萤石化。伴生多金属矿产,共生元素种类多并具明显隐爆成岩成矿特点。在今后的找矿工作中应引起高度重视。

找矿观念的转变所涉及的另一重大问题是找矿类型的多元化。应根据不同成矿区带的地质特征,因地制宜地开展多矿种综合找矿工作,这也是本文所要涉及的主要问题。比如,在北方砂岩盆地中以寻找可地浸砂岩型铀矿为主;在赣杭火山岩铀成矿带,以寻找火山岩型铀矿为主;在华南(广东)以寻找花岗岩型铀矿为主;在湖南、广西以寻找花岗岩外接触带型铀矿和碳硅泥岩型铀矿为主,开展综合找矿和矿产资源的综合利用,为国家的核能源建设作出积极贡献。

5　结论

中南地区位于我国重要的铀成矿(区)带中,已探明铀资源储量居全国第二位,铀矿类型有花岗岩型、碳硅泥岩型、砂岩型、火山岩型和其他类型共五

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

大类,其中以花岗岩型和碳硅泥岩型铀矿为本区的主要铀矿类型。大量充分地研究资料表明,该区大型产铀花岗岩体内外接触带具有明显的地球物理和地球化学反差,重力、航磁、航空伽玛能谱和地面放射性异常显示明显,为热液型铀矿成矿的有利部位,应作为今后找矿工作的重点地段。薄层碳硅泥岩型铀矿,依其含铀层分布广泛,蕴藏的潜在铀资源量巨大,伴生元素种类多、含量高,综合利用效益好而具有广泛的发展前景和开发利用价值。此外,位于华北地台南缘的元古宙不整合面型铀矿及南、北方不同成因类型盆地的砂岩型铀矿,均具有一定的发展前景。

中南地区火山岩时代及地域分布极不均匀,火山岩性质也有较大差异,总体活动规律是自元古宙至中生代其强度逐渐减弱,地域分布自北向南火山活动规模逐渐变小(但广西例外),火山岩性质由老到新由基性→中基性→中性→酸性→中基性→基性呈有规律的变化。目前全区火山岩中尚未发现有工业价值的铀矿床,仅初步探查到 XX 处铀矿点。

由于作者水平所限,未能将全区各种矿床类型进行全面系统地概括和总结,其中包括对矿床成矿规律认识上的片面性和对找矿前景看法上的短浅和局限。本文仅起到抛砖引玉之功效,不妥之处敬请批评指正。

参 考 文 献

陈祖伊,王兴无. 2010. 世界核电发展及铀供需态势展望. 铀矿地质,26(2):120～128.

邓平,沈渭洲,凌洪飞,等. 2003. 地幔流体与铀成矿作用. 地球化学,32(6):520～528.

杜乐天. 2005. 迎接铀矿找矿新高潮——华南二轮找矿势在必行. 铀矿地质,21(3):146～151.

胡瑞忠,等. 2004. 华南白垩—第三纪地壳拉张与铀成矿的关系. 地学前缘,11(1):153～160.

胡瑞忠,等. 2007. 华南地区中生代以来岩石圈伸展及其与铀成矿关系研究的若干问题. 矿床地质,(2):139～152.

黄净白,黄世杰. 2005. 中国铀资源区域成矿特征. 铀矿地质,21(3):129～138.

黄世杰. 2006. 略谈深源铀成矿与深部找矿问题. 铀矿地质,22(2):70～75.

蒋振频,等. 2007. 2006 年国际铀价回顾与铀价预测分析. 世界核地质科学,24(3):153～155.

罗梅,马代光. 2009. 矿产资源勘查与开发. 北京:地质出版社.

舒孝敬. 2004. 重力航磁在花岗岩型铀成矿研究中的应用. 铀矿地质,20(2):99～109.

谈成龙. 2007. 国际铀现货价创新高及其原由. 世界核地质科学,24(1):封三.

吴铁民. 2006. 核电知识简介. 交流与思考,(4):15～17. 湖南长沙:湖南省核工业地质局.

吴铁民. 2006. 核电知识简介. 交流与思考,(8):37～40. 湖南长沙:湖南省核工业地质局.

杨尚海. 2008. 南岭成矿带沙坝子矿床外围铀成矿特征与找矿前景. 世界核地质科学,25(4):195～202.

铀矿地质志编纂委员会. 2005. 中南铀矿地质志(上卷). 北京:中国核工业地质局.

铀矿地质志编纂委员会. 2005. 中南铀矿地质志(下卷). 北京:中国核工业地质局.

余达淦,等. 2005. 花岗岩型铀矿床. 铀资源地质学. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社.

翟裕生,等. 2004. 深部找矿研究问题. 矿床地质,23(2):142～149.

张海青. 2007. 世界铀资源概况. 世界核地质科学,24(4):212～215.

张金带,等. 2007. “十五”期间铀矿地质勘查主要成果及“十一五”的总体思路. 铀矿地质,23(1):2～6.

郑作环,等. 2007. 中国东南部深源铀成矿与找矿——南岭铀成矿带讨论. 世界核地质科学,24(2):63～67.

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

The Types, Features and Prospecting Direction of Uranium Resources in Central South China

YANG Shanghai

Research Institute No. 230, *CNNC*, *Changsha*, *Hunan*, 410011

Abstract

From energy needs of our country, this paper introduces the demand for uranium ore with the development of nuclear power; The author parses the achievement of uranium deposits prospecting and existing problems in the past 40 years; The author analyzes statistically about reserves distributing and deposit location of the five types uranium deposits in central south China; The paper focuses on the metallogenic characteristics and prospecting perspective of granite type and carbonate-siliceous-pelitic rock type uranium deposit, which are the most distinctive features kinds in central south China. From the geophysics and geochemistry about uranium metallogenic, this paper points out the rock external contact zone sub-type is the major prospecting direction in the future and gives out the specific prospecting zone according to the actual data mastered; As for the huge reserves, low grade and thin layers of carbonate-siliceous-pelitic rock type uranium deposit, from more kinds and high contents features of the useful associated elements, the author proposes that through the new way of comprehensive development and comprehensive utilization is the key to make it come true in this region, which utilize potential low grade uranium resources fully and reasonably.

Key words: types of uranium deposits; metallogenic characteristics; prospecting perspective; prospecting direction